

2015 구조물 내진설계 경진대회 요강

■ 2015년 대회 주제 : 초고층 건물은 지진에 과연 안전한가?!

부제 : 대한민국의 랜드마크를 지켜라

전 세계적으로 초고층 빌딩 경쟁이 치열하다.

기술이 고도화 되면서 초고층 빌딩이 국가나 도시의 위상을 의미하는

랜드마크(Land Mark)적 요소가 되었기 때문이다.

우리나라도 서울 한강 일대, 부산 해운대, 인천 송도 지역 등에 초고층 빌딩이 밀집해 있으며, 이들은 하나의 관광자원이자, 그 지역의 랜드마크로서의 역할을 톡톡히 해내고 있다.

그런데, 이런 초고층 건물들은 과연 지진에 안전한 걸까?

2005년 3월 20일, 부산 전역과 경남 일부지역 사람들은 난데없는 지진소동을 겪었다.

일본 후쿠오카 현 서쪽 해역에서 발생한 지진의 지진파가 국내로 전달되면서

부산 지역의 고층 건물들이 심하게 흔들린 것.

국내 내진설계 기준보다 더 큰 지진이나 여진이 인근 국가에서 발생해 전달되어 온다면,

또는 전달된 지진파가 연약지반에서 증폭되어 장주기화 된다면,

과연 우리의 랜드마크들은 안전할까?

여러분들이 각 지역에서 지진에 대비한 구조물을 설계, 시공, 관리할 미래의 전문가라 하자.

이제, 연약지반에 신축될 국내 최고층 건물에 장주기 지진파가 도달할 것을 대비하여

안전하고 멋진 랜드마크를 설계하고 시공하라.

■ 구조물 제작 및 심사기준의 착안점

금번 대회 목표 구조물은 세장비가 큰 장주기형 초고층 건물입니다.
초고층 건물은 일반적으로 지진보다 바람에 취약하기 때문에
풍하중에 의한 설계가 지배적이며 내진설계는 크게 염두에 두지 않습니다.
그러나 이들 초고층 건물은 대부분 장주기성 진동 특징을 가지기 때문에
장주기성 지진파에는 취약한 단점이 있습니다.

국내 지진활동의 특징을 살펴보면
국내에서 직접적으로 발생하는 지진은 규모가 작고 단주기성이 대부분이지만,
일본이나 중국 등의 인근 국가에서 발생하는 강진 또는 그 여진이
원거리로 전달되면서 장주기화 되어 국내에 도달할 가능성이 있습니다.
특히, 국내 초고층 빌딩이 밀집해 있는 강가나 해안가, 매립지 등에서는
연약한 지반 특성에 의해 지진파가 증폭되고 장주기화 될 가능성이 더욱 높아집니다.

출전하는 각 팀에서는 부산 해운대에 신축될 국내 초고층 빌딩의
구조설계(내진설계)를 담당하게 되었다고 가정하고,
작품 제작규정에 맞도록 설계하신 후, 시공(제작)하십시오.

본 대회는 학부생을 대상으로 하는 대회입니다.
우리가 요구하는 것은 복잡한 구조해석(유한요소해석)과 도안(CAD)이 아닙니다.
기본적인 구조역학, 동역학, 설계개념이면 충분합니다.
참가하는 대학생들의 우수하고 참신한 아이디어에 높은 점수를 주고자 합니다.
좋은 아이디어로 고민하고 대회를 즐기십시오!

■ 작품 제작 규정

1. **[원칙]** 작품은 4층 이상으로 제작되어야 하며, 각 층은 규정된 하중을 정적으로 지지할 수 있어야 한다.
2. **[구조]** 작품의 구조는 다음 각 항의 조건을 모두 만족해야 한다.
 - ① 기초판은 1층의 바닥면이 되며, 최상층은 천정을 가져야 한다(옥상에도 하중블록을 설치해야 함).
 - ② 각 층의 바닥 면적은 10,000mm² 이상, 30,000mm² 이하이어야 한다. 여기서 바닥 면적의 산정 기준은 최외각 기둥 부재를 이은 면적으로 정의한다.
 - ③ 바닥은 반드시 면을 이루고 있을 필요는 없다. 예를 들어 몇 개의 선형 부재(Strip)를 연결한 형태도 가능하다.
 - ④ 각 층의 높이는 200mm 이상으로, 총 높이 800mm 이상 900mm 이하가 되어야 하며, 각 층간은 분명한 경계를 가지고 있어야 한다.
 - ⑤ 각 층에는 하중 블록의 낙하를 방지하기 위한 시설이 설치되어야 한다.
 - ⑥ 구조부재의 연결은 제공되는 제작 재료만을 사용하여야 한다.
3. **[하중]** 하중은 각 층에 6kg 이상의 강재 하중블록세트(하중 블록 개당 0.5kg)를 설치하며, 총 24kg 이상의 하중블록이 설치되어야 한다. 하중블록의 설치는 다음의 규정을 만족하여야 한다.
 - ① 하중블록의 규격은 26mm × 50mm × 50mm(높이×가로×세로)이며, 자유로운 배치가 가능하다.
 - ② 1층 바닥에는 하중블록을 설치하지 않으며, 1층 바닥을 제외한 나머지 층의 바닥면과 최상층 상부면에는 하중블록을 설치하여야 한다. 예를 들어 4층의 모형인 경우, 최소한 6 kg 하중블록세트 4조가 필요하다.
 - ③ 하중블록은 작품 제작이 완료되고 진동대 상부에 고정된 후에 각 팀에서 선정한 2인의 팀원이 한 조로 직접 설치해야 한다. 팀에서 원하는 경우 제작 중 하중블록을 지급하고 설치할 수도 있다.
 - ④ 하중블록은 접착제를 이용하여 상호간 또는 구조물에 직접 고정할 수도 있다.
 - ⑤ 하중블록을 고정하기 위한 용도로는 모든 재료를 사용할 수 있다.
4. **[기초]** 기초판은 MDF 판재로 제공되며, 제작되는 작품은 기초판 내에 설치되어야 한다.
 - ① 기초판의 크기는 400mm × 400mm × 6mm 이며, 구조물과 기초를 연결하기 위한 용도로만 사용된다.
 - ② 각 팀에서는 기초를 진동대와 연결(목재용 screw 볼트)하기 위한 최소한의 공간(최외각으로부터 20mm)을 확보하여야 한다.
 - ③ 구조물과 기초를 연결하기 위한 용도로 기초판을 천공할 수 있다.
 - ④ 기초판을 절단 및 가공하여 작품 제작에 활용할 수 없다.
5. **[제작비용]** 작품 제작에 필요한 제작 비용에 제한은 없으나, 2,400 백만원을 기준금액으로 하여 경제성 평가시에 반영한다.
 - ① 기준금액을 초과하는 팀은 진동대 시험 전 감점 대상이 되며, 감점은 10백만원 당 5점으로 한다.
6. **[제작시간]** 작품 제작에 소요되는 시간은 하중블록을 설치하는 시간을 포함하여 총 5시간을 초과할 수 없다.

■ 작품 제작 재료

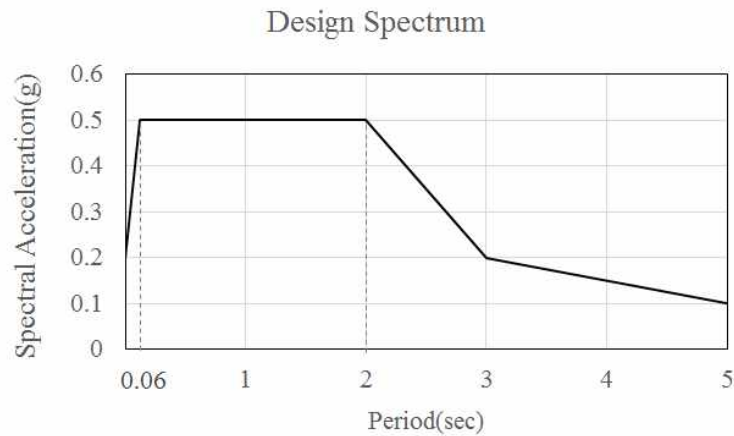
1. 제작 재료는 지정된 장소에서만 구입이 가능하며, 각 팀의 팀장만이 구입할 수 있다. 현장에서 구입할 수 있는 제작 재료는 다음과 같다.

재료명	단위	규격	단위수량 [개]	단가 [백만원]	비고
MDF Base (기초판)	개	400mm×400mm×6mm	1	-	기본제공
MDF Strip	개	600mm×4mm×6mm	1	10	
MDF Plate	개	200mm×200mm×6mm	1	100	
면줄	식	600mm	1	10	
A4지	장	A4	1	10	
접착제	개	20g	1	200	

2. 재료를 가공하기 위한 공구는 각 팀에서 지참하여야 한다. 단, 현장에서는 전기 공급이 지원되지 않으므로 전원연결이 필요한 전동공구는 사용이 불가하다. 충전방식인 경우에는 지정된 장소에서 충전하여 사용할 수 있다.
3. 재료의 구입 수량에는 제한이 없으나, 총 구입 비용이 2,400백만원을 초과할 시 규정에 따라 감점의 대상이 된다.
4. 대회당일 14:00까지는 남은 재료에 대하여 반납이 가능하다. 다만, 지급된 재료를 반납하는 경우에는 단위수량만 가능하다. 예로, 면줄을 1/2만(300mm) 사용하고 1/2을 반납할 수는 없다.
5. MDF Plate는 절단, 가공하여 다양한 용도로 활용할 수 있으나, Plate를 절단하여 Strip과 같은 형태로 제작, 시공하는 것은 불가하다.
6. MDF Base(기초판)는 기본 자재로 지급되며, 1회에 한하여 교환이 가능하다. MDF Base를 절취, 가공하여 작품에 적용할 수 없다.
7. 상기 5, 6 항의 제한 사항을 제외하고는 가공방법에 특별한 제한이 없다.
8. 지급되는 MDF Strip, MDF Plate, 면줄, A4지 이외에 구조물의 장식을 목적으로 하는 재료는 대회장에 반입하여 구조물에 설치하는 것이 허용된다. 단, 이러한 장식물이 구조물의 내진성능 향상에 기여하지 않아야 한다. 예) MDF 도색을 위한 유성팬, 옥상에 설치되는 교기, 팀깃발 등

■ 진동대 실험 규정

1. 구조물에 작용하는 힘은 진동대의 가진에 의해서 결정된다. 각 팀 작품의 내진성을 평가하기 위하여 인공지진파형과 Sine Sweeping 가진(일정한 진동수 범위에서 동일한 가속도를 갖는 정현파를 연속적으로 상승 또는 하강시키면서 가진하는 방법)을 실시한다.
2. 인공지진파는 단주기 및 장주기를 포괄하는 설계스펙트럼에 기초하여 임의의 인공지진파형으로 제작하고 이를 진동대에 입력, 가진한다. (지진파형은 제공하지 않음)



3. 인공지진파 제작을 위한 설계스펙트럼에서 최대 응답가속도의 주기대역은 대략 0.06초~2.0초로 한다.
4. 인공지진파는 상관관계(Coherence)가 0.3 이하인 두 개의 지진파를 수평 2방향(X축, Y축)으로 동시에 가진한다.
5. Sine Sweeping 가진은 일정한 Peak의 정현파를 임의의 주파수 대역에서 임의 속도로 증가 또는 하강시키면서 가진한다.
6. Sine Sweeping 가진은 수평 2방향으로(X축, Y축) 동시에 가진한다.
7. 인공지진파와 Sine Sweeping 가진은 최대 가속도를 기준으로 10%~50% 수준부터 가진하며, 가진 후 모형의 상태에 따라 임의의 비율로 가속도 성분을 단계적으로 증가시키면서 가진한다.
8. 가진 순서는 인공지진파를 가진한 후, 작품이 파괴되지 않은 팀에 한해서 Sine Sweeping 가진을 실시한다. 여기서, 작품은 다음의 경우에 파괴된 것으로 간주한다.
 - ① 구조물이 완전히 붕괴되는 경우
 - ② 하중블록이 추락하는 경우
 - ③ 작품이 바닥판을 이탈하는 경우
 - ④ 심사위원 2인 이상이 파괴되었다고 판단의견을 제시하는 경우

■ 작품 평가 기준

1. 대회 진행은 1단계로 설계안을 접수하고, 모든 설계안에 대해 심사위원의 정성적 평가를 실시한다. 이 중에서 상위 24개 팀을 최종 결선 진출팀으로 선발한다. 상위 24위 인근에 동점을 받은 팀이 다수인 경우, 동점을 받은 팀 중 진출 팀은 다음의 요건들을 순서대로 검토하여 정한다. 단, 등수는 변하지 않는다.
 - ① 다양한 학교 참여를 위하여 동일 학교 팀이 상위에 없는 팀
 - ② 내진구조에 대한 이해 및 설계 능력의 점수 획득이 높은 팀
 - ③ 구조물 설계 예산이 적은 팀
2. 2단계에서는 1단계에서 선발된 24개 팀의 설계제안 포스터 발표와 진동대 시험평가를 부산대학교 지진방재연구센터에서 실시한다.

구성	대상	제출형식	접수
1단계 : 설계제안서 평가	접수된 모든 작품	전산파일형태(PDF)로 제출하며, 15 페이지 이내로 제한함*. ○ 필수기재사항 : 팀명, 팀원(구성 및 역할), 설계 및 디자인 개요, 구조, 디자인 특징, 예산대비효율 등	이메일 혹은 홈페이지 (추후공지)
2단계 : 포스터 발표 및 Shaking Table 평가	1단계의 접수 작품 중 상위 24개 팀	포스터(90cm×120cm)** 모형작품	발표 현장제작 및 검증

* 제출 파일형식 : PDF (제작 양식에는 제한이 없음, 15 페이지로 매수 제한)

** 포스터 출력물과 PDF 파일 지참

3. 각 평가 단계에서의 배점 기준은 다음과 같다.

구성	평가내용	배점 (100)	심사위원구성	
1단계	제안형식의 기능성, 독창성, 디자인 우수성	15	지진방재연구센터 1인 전국 내진전문가 4인 = 총 5인	
	내진구조에 대한 이해 및 설계 능력	15		
2단계	설계안 설명 (포스터 발표 및 토론)	10	지진방재연구센터 1인 전국 내진전문가 4인 = 총 5인	
	모형제작 및 Shaking Table 실험	시공성 : 10		60
		경제성 : 15		
	구조성 : 35			

○ 1단계 : 전문가 5인에 의한 정성적 평가

- 각 팀에서 제안한 작품의 기능 및 디자인, 독창성과 내진구조에 대한 이해 및 설계 능력에 대한 평가를 받는다.
- 1단계 평가의 점수 합산 결과, 상위 24개 팀이 최종 결선에 참가하며 점수는 최종 결선 총점에 포함된다.

○ 2단계 : 전문가 5인에 의한 정성적 평가, 모형제작 및 실험에 의한 정량적 평가

- 설계안 설명(포스터 발표 및 토론) : 제안내용 설명(연관성), 전체적인 포스터의 내용 및 구성, 참여도 등 평가 (정성적 평가)
- 모형제작 및 Shaking Table 실험 :

① 시공성 : 시공속도 50% (정량적-시공성A), 시공방법 및 적절성 50% (정성적-시공성B)

여기서, 시공속도는 완공순서의 등수에 따라 점수를 배분하며, 점수배분은 다음과 같다.
(완공순서는 진동대 설치완료 기준임)

등수	1	2 - 5	6 - 10	11 - 15	16 - 20	21 - 24
시공성A	5	4	3	2	1	0

② 경제성 : 시공비용에 따른 정량적 절대평가

③ 구조성 : 지진력에 대한 구조의 거동을 정성적으로 평가 (50%) - 구조성A

실험결과에 의한 구조물의 내진성능 (잔존순위에 의한 절대평가) - 구조성B

여기서, 구조성B 부분의 잔존순위에 따른 점수배분은 다음과 같다.

등수	1	2	3, 4	5, 6	7, 8	9, 10	11, 12	13, 14	15, 16	17, 18	19, 20	21~24
구조성B	20	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8

○ 각 단계별 감점사항 : 다음의 경우에 감점되며, 총 감점점수가 50점 초과시 진동대 실험에 참여가 제한됨.

- 각 층의 하중블록 설치 수량 부족 (0.5 kg 당 20점 감점)
- 면적 기준을 만족하지 않는 경우 (2,500 mm² 당 20점 감점)
- 층고 기준을 만족하지 않는 경우 (10 mm 당 10점 감점)
- 작품의 기초면적이 기초 바닥판 크기를 초과하는 경우 (50점)
- 주어진 제작시간을 초과하는 경우 (최초 10분 당 10점, 30분 초과 시 진동대 실험 참여 제한)
- 지급된 재료 이외의 반입한 재료를 사용하여 작품을 제작하는 경우 (100점)
- * 단 작품의 장식 또는 치장을 위한 도색, 기타 비구조 부재 설치는 허용함.
 - 예1) 작품 최상부에 빨대 등을 설치하고 각 출전 팀의 소속 학교 교기를 설치하는 경우
 - 예2) Strip을 꾸미기 위한 도색
 - 예3) 작품 전면에 팀을 알리기 위한 종이 표시 설치(단일 부재에 풀로 부착하는 것만 허용) 등.
- 운영진의 요청/지시사항 거부 (1회당 20점 감점)
- 기타 제작규정에서 제한하고 있는 사항 위반 (1회당 10점)

○ 결과정리 :

- 각 단계의 점수와 감점사항을 합산하여 많은 점수를 득한 팀의 순서로 순위 결정
- 동점이 발생할 경우, 다음의 순서에 의하여 순위를 결정함.

- ① 구조성 B의 점수가 높은 팀
- ② 구조성 A의 점수가 높은 팀
- ③ 경제성 점수가 높은 팀
- ④ 시공성 점수가 높은 팀
- ⑤ 포스터 발표 점수가 높은 팀
- ⑥ 구조물 설계 예산(1단계)이 적은 팀
- ⑦ 내진구조에 대한 이해 및 설계 능력(1단계) 점수가 높은 팀

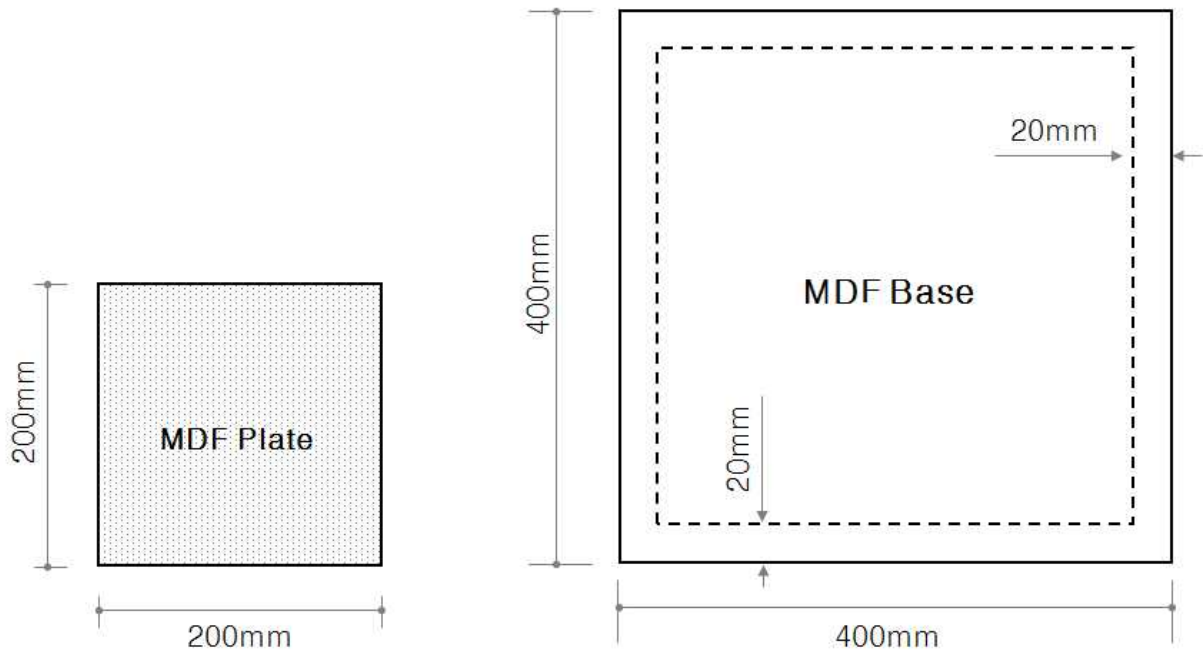
* ③항은 2단계 모형제작에서 사용된 금액을 기준으로 하며, ⑥항은 1단계에서 작성된 예산을 기준으로 한다.

- 점수는 100점을 만점으로 함.
- 각 단계의 점수는 다음 단계에서 공개함.

○ 참고사항 :

- 본 대회에 출품, 제작한 작품 및 포스터, 본선 대회 등에서 촬영된 영상물 등의 소유권은 부산대학교 지진방재연구센터에 있음.

■ MDF Plate 및 Base의 규격



■ 구조물 제작 예 (참고용)

